

General Disclaimer

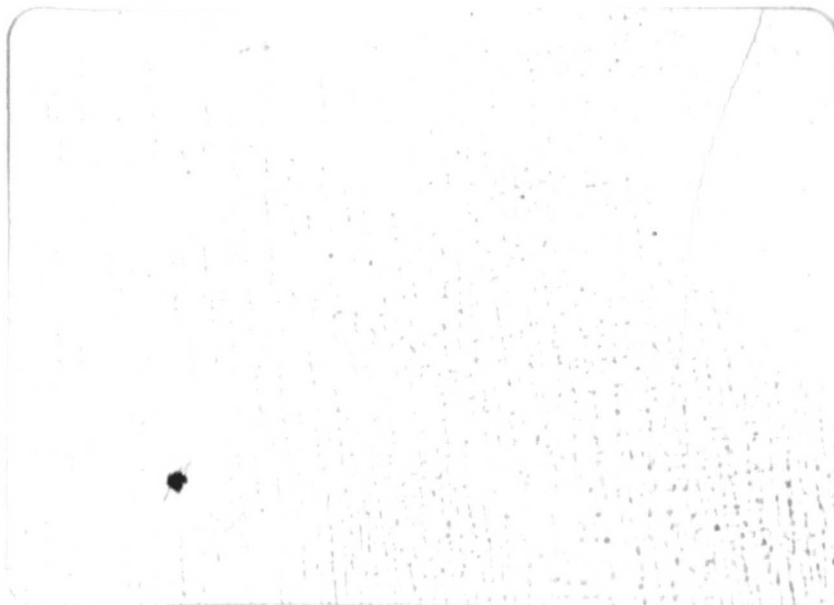
One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO



(E84-10069) URBAN LAND USE OF THE SAO PAULO
METROPOLITAN AREA BY AUTOMATIC ANALYSIS OF
LANDSAT DATA (Instituto de Pesquisas
Espaciais, Sao Jose) 58 p HC A04/MP A01

N84-16616


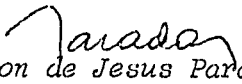
Unclas
CSCL 08B G3/43 00069

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE 8-16-83
DCA# NO. 0029149

PROCESSED BY
☒ NASA STI FACILITY
☐ ESA - SDS ☐ AIAA



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº <i>INPE-2788-RPE/437</i>	2. Versão	3. Data <i>Junho, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DDS</i>	Programa <i>USOTE/ANAMB</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>USO DO SOLO</i> <i>INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:711.14(816.11)</i>			
8. Título <i>USO DO SOLO URBANO DA ÁREA METROPOLITANA DE SÃO PAULO ATRAVÉS DA ANÁLISE AUTOMÁTICA DE DADOS LANDSAT</i>		10. Páginas: <i>61</i>	
		11. Última página: <i>I.2</i>	
9. Autoria <i>Madalena Niero</i> <i>Celina Foresti</i>		12. Revisada por  <i>Armando P. dos Santos</i>	
Assinatura responsável <i>Madalena Niero</i>		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
14. Resumo/Notas <i>Neste trabalho é estudada a separabilidade de classes de uso do solo urbano na área metropolitana de São Paulo através de análise automática de dados MSS/LANDSAT. Os dados foram analisados a partir dos algoritmos de classificação Média K e MAXVER. Foram obtidas 8 classes de uso do solo: centro/ocupação vertical, residencial, mista, indústria, terraplenagem 1, terraplenagem 2, vegetação densa e vegetação esparsa. A análise espectral das amostras representativas das classes de uso do solo foi feita usando a opção "Single-Cell". As classes centro/ocupação vertical, residencial e terraplenagem 2 apresentaram a melhor separabilidade espectral, quando comparadas com as demais classes.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

In the present work the separability of urban land use classes in the metropolitan area of São Paulo is studied by means of automatic analysis of MSS/LANDSAT digital data. The data were analysed using the media K and MAXVER classification algorithms. The land use classes obtained were: CBD/vertical growth area, residential area, mixed area, industrial area, embankment area type 1, embankment area type 2, dense vegetation area and sparse vegetation area. The spectral analysis of representative samples of urban land use classes was done using the "Single-Cell" analysis of . The classes CBD/vertical growth area, residential area and embankment area type 2 showed better spectral separability when compared to the other classes.

**Original photography may be purchased
from EROS Data Center
Sioux Falls, SD 57198**

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Objetivos	1
1.2 - Área de estudo	2
<u>CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA</u>	7
2.1 - Material	7
2.2 - Processamento Automático	7
2.2.1 - Classificação não-supervisionada - Média K	7
2.2.2 - Análise das amostras de uso do solo urbano	12
2.2.3 - Classificação supervisionada MAXVER	14
<u>CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	15
3.1 - Classificação não-supervisionada Média K	15
3.2 - Análise espectral das amostras de uso do solo urbano através do programa "Single Cell"	16
3.3 - Classificação supervisionada - máxima verossimilhança	20
3.3.1 - Análise da matriz de classificação	22
3.3.2 - Análise espectral das classes de uso do solo urbano	24
<u>CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES</u>	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICE A - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE CENTRO/OCUPAÇÃO VERTICAL ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT	
APÊNDICE B - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE RESIDENCIAL ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT	
APÊNDICE C - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE MISTA ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT	
APÊNDICE D - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE INDÚSTRIA ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT	

- APÊNDICE E - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE
TERRAPLENAGEM 1 ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL"
NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT
- APÊNDICE F - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE
TERRAPLENAGEM 2 ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL"
NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT
- APÊNDICE G - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE
VEGETAÇÃO Densa ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL"
NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT
- APÊNDICE H - CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE
VEGETAÇÃO ESPARSA ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL"
NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT
- APÊNDICE I - RELAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE NÍVEIS DE
CINZA POR CLASSE DE USO DO SOLO

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Localização da área de estudo	3
1.2 - Compartimentação da área de estudo através do programa "Contrast Stretch"	4
2.1 - Mapa alfanumérico de uso do solo urbano através da classificação não supervisionada - Média K	9
2.2 - Mapa alfanumérico de uso do solo urbano - Média K, com superposição das amostras	10
3.1 - Canais do MSS/LANDSAT com menores coeficientes de variação na análise do uso do solo urbano	17
3.2 - Canais do MSS/LANDSAT com maiores coeficientes de variação na análise do uso do solo urbano	18
3.3 - Mapa alfanumérico resultante da classificação supervisionada da Máxima Verossimilhança	21
3.4 - Comportamento espectral das classes de uso do solo urbano nos 4 canais do MSS/LANDSAT	28

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Respostas espectrais das classes de Uso do Solo Urbano obtidas da classificação não supervisionada Média K	16
3.2 - Matriz de classificação MAXVER	23
3.3 - Respostas espectrais das classes de Uso do Solo Urbano obtidas do Programa MAXVER	25

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - OBJETIVOS

O conhecimento da composição da área urbana é pré-requisito para o planejamento racional. As aplicações de dados do uso do solo urbano são variadas. Por exemplo, estes dados podem ser usados na localização de instituições como igrejas, escolas, centros comerciais ou para propósito de zoneamento (Bartholomeu, 1959).

A análise do uso do solo urbano através de técnicas de sensoriamento remoto orbital pode fornecer subsídios para um planejamento mais racional de áreas metropolitanas em constante alteração.

Segundo Bozet et alii (1978), as fotografias aéreas são uma ferramenta útil para estudos urbanos. Entretanto, os registros multitemporais obtidos por satélite podem ser de uso complementar, onde existe grande dinâmica de urbanização.

As informações obtidas através de satélite, segundo Bruijn (1978), frequentemente têm papel secundário (acessório) quando se analisa a área urbana, devido à pequena resolução apresentada pelos satélites existentes. Para determinadas aplicações, entretanto, a identificação de áreas urbanas através da classificação automática pode competir com outros métodos. Estas aplicações incluem mapas na escala 1:100.000, 1:250.000, esboço censitário na periferia urbana e informações sobre ocupação urbana em escala nacional.

Neste trabalho é estudada a compartimentação do uso do solo urbano da área metropolitana de São Paulo, através da análise automática de dados LANDSAT no Analisador Multiespectral IMAGE-100. Tem como objetivo geral estudar a separabilidade de classes de uso do solo urbano em áreas metropolitanas, tendo em vista a extensão com que es

tas classes se apresentam nestas áreas. Foram definidos os seguintes objetivos específicos que poderiam auxiliar no maior conhecimento das características espectrais dos usos do solo a serem analisados:

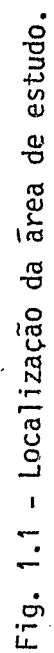
- desenvolver metodologia de amostragem para os diferentes tipos de uso do solo urbano;
- realizar a análise espectral das classes de uso do solo urbano, obtidas através do Programa MAXVER;
- identificar quais os canais do LANDSAT que poderiam evidenciar diferenças internas associadas às classes de uso do solo urbano.

1.2 - ÁREA DE ESTUDO

Para a realização do trabalho foi utilizada como área de estudo parte da Região Metropolitana de São Paulo.

A área metropolitana de São Paulo, segundo Lima e Correa (1977), é a mais importante região urbana do País pela concentração de população e de atividades econômicas. É constituída por 37 municípios em torno da cidade núcleo de São Paulo. A região a ser estudada neste trabalho, entretanto, compreende o município de Barueri e parte dos municípios de Jandira, Carapicuíba, Osasco, São Paulo e Santana do Parnaíba; corresponde a uma faixa retangular de aproximadamente 7,5 km x 28 km; e parte de um "core" de usos financeiros e variados, no centro, em direção à zona oeste da região metropolitana de São Paulo (Figura 1.1).

A seleção da área de estudo baseou-se na teoria de círculos concêntricos de Utilização Homogênea da Terra, segundo Burgess (Palen, 1975).



Utilizando inicialmente o programa "Contrast Stretch" nos canais 5 e 7 para a área urbana de São Paulo, notou-se que as densidades de cinza tinham uma variação do centro para a periferia, com intensidades de reflectância menores para maiores, respectivamente, a partir do núcleo central, como pode ser verificado na Figura 2.2.



Fig. 1.1 - Compartimentação da área de estudo através do programa "Contrast Stretch".

Esta variação de tons de cinza em distribuição anelar sugeriu uma possível correlação com a distribuição de funções da área urbana em círculos concêntricos. Esta teoria sobre a estrutura espacial das cidades, proposta por Burgess, encontra-se detalhada em Palen (1975).

Burgess, segundo Palen (1975), afirma que as cidades crescem radialmente em uma série de zonas ou anéis concêntricos. Sua hipótese constitui apenas um modelo de como as cidades evoluem espa

cialmente, em consequência da competição, expressa pela capacidade de arcar com o custo da terra e tolerar perturbações como ruído e congestionamento. Assim, as terras melhor localizadas ou mais valiosas acabam nas mãos do usuário que pode pagar por elas porque as utiliza de forma mais intensiva.

De acordo com Ratcliff (1959), os padrões residenciais relacionados ao "status" econômico, tais como renda e valor da propriedade, estão ligados à teoria dos setores. Por outro lado, as características que se relacionam com a idade das estruturas estão associadas à teoria dos círculos concêntricos.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

2.1 - MATERIAL

O material utilizado no trabalho corresponde a fita CCT, relativa à órbita 164, ponto 28, de 8 de julho de 1979. Os dados foram analisados numericamente através do Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais (IMAGE-100). Utilizaram-se também os mapas de Uso do Solo e de Padrões de Uso e Ocupação do Solo Urbano na escala 1:25.000 (EMPLASA, 1980 a.b), e Mapas das cidades do Brasil, São Paulo na escala 1:25.000 (IGGSP, 1973).

2.2 - PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO

Durante o processo de análise, a área de estudo foi ampliada para a escala aproximada de 1:100.000 no vídeo do IMAGE-100.

Para melhorar a qualidade visual dos dados, foi feita a correção atmosférica, para a qual foram selecionadas amostras em regiões de sombras devidas ao relevo. Essas áreas deveriam apresentar respostas de níveis de cinza iguais a zero; entretanto apresentaram valores médios de níveis de cinza que corresponderam a 5, 6 e 4 para os canais 4, 5 e 6, respectivamente. Esses valores foram subtraídos de todas as respostas espectrais da imagem, obtendo-se assim novos valores para os dados a serem analisados.

A seguir foi utilizado o programa Filtro 3 (Passa Baixa) com pesos A, B, C, e D iguais a 1 (Dutra e Mascarenhas, 1980), com o objetivo de homogeneizar os dados.

2.2.1 - CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA - MÉDIA K

Utilizou-se o programa de classificação não-supervisionada Média K com 50 interações e precisão 0,1 (Ribeiro et alii, s.d). Es

te programa foi utilizado no início da pesquisa para verificar a divisão da área de estudo em classes espectrais homogêneas, para melhor seleção de amostras no processo de classificação supervisionada.

A partir da utilização do programa Média K obteve-se um mapa alfanumérico, onde foram definidas 8 classes homogêneas de tons de cinza. Com o auxílio deste mapa (Figura 2.1) e mapas disponíveis (IGGSP, 1973), foram selecionadas amostras representativas das seguintes classes de uso do solo urbano:

- centro/ocupação vertical;
- residencial;
- mista;
- indústria;
- terraplenagem 1;
- terraplenagem 2;
- vegetação densa;
- vegetação esparsa.

Os temas classificados e as amostras selecionadas são apresentados na Figura 2.2. A classe centro (área comercial) e área de ocupação vertical intensa não puderam ser separadas através da classificação utilizada. Isto se explica pelo fato de estas duas classes serem constituídas do mesmo tipo de edificações, gerando formas e, portanto, respostas espectrais semelhantes.

Collins e El-Beik (1971), analisando fotografias aéreas para levantamento de uso do solo urbano, concluíram que existe problema de correlação entre forma e função de edificações, principalmente em áreas comerciais.

CLASSIFICAÇÃO - MÉDIA K



LEGENDA

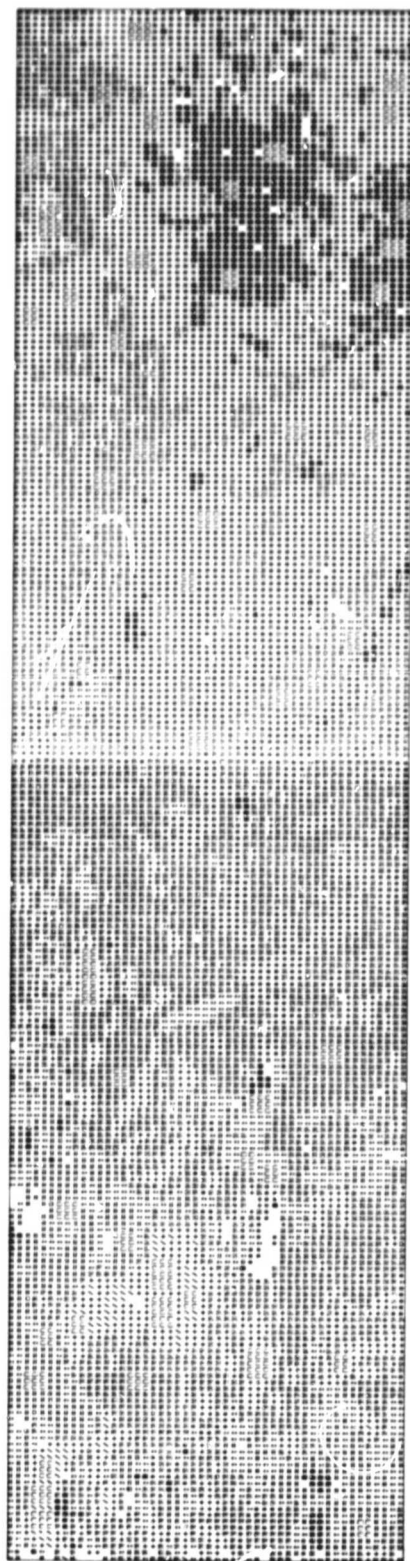
TEMA - 1	●	TEMA - 5	+
TEMA - 2	✱	TEMA - 6	/
TEMA - 3	⊗	TEMA - 7	=
TEMA - 4	⊙	TEMA - 8	:
		NÃO CLASSIFICADO	

ESCALA

5 KM

Fig. 2.1 - Mapa alfanumérico de uso do solo urbano através da classificação não supervisionada - Média K

USO DO SOLO URBANO - MÉDIA K / AMOSTRAS MAXVER



LEGENDA

TEMA - 1	●	TEMA - 5	+
TEMA - 2	■	TEMA - 6	/
TEMA - 3	●	TEMA - 7	=
TEMA - 4	●	TEMA - 8	:
		AMOSTRAS	0

ESCALA

5 KM

Fig. 2.2 - Mapa alfanumérico de uso do solo urbano - Média K, com superposição das amostras.

Com relação à classe residencial, foram selecionadas amostras em áreas de densa ocupação horizontal e áreas de densa ocupação horizontal com ocupação vertical esparsa (EMPLASA, 1980).

A classe mista apresentou-se formada por diferentes usos, tais como: institucional, residencial classe alta, comercial e industrial. Isso ocorre devido à não-separabilidade interna desta classe por ocasião da análise da classificação não-supervisionada Média-K. Para Forster (1980), a limitação existente no desenvolvimento de classificações detalhadas da área urbana está associada à natureza heterogênea dos alvos analisados. Baseando em trabalhos anteriormente realizados, este autor assinala que determinados usos do solo urbano apresentam problemas de classificação devido ao fato de não apresentarem características espectrais separáveis. Nestas áreas, a radiação recebida de um único elemento de resolução ("pixel") é composta da reflectância de grande número de alvos com assinaturas espectrais distintas. A soma destas respostas, entretanto, pode não ser representativa de uma única classe, o que tornará a classificação dos "pixels" incorreta.

A classe indústria apresentou problemas na seleção de amostras, pois foi representada por dois temas na classificação não-supervisionada. Este problema, no entanto, foi contornado com o auxílio de mapas preexistentes.

A classe terraplenagem 1 corresponde às áreas de movimento de terra para implantação de áreas residenciais e/ou industriais.

As amostras da classe terraplenagem 2 estão associadas às áreas de movimentos recentes de terra o que, provavelmente, resultou na alta separabilidade desta classe.

A classe vegetação densa constitui-se de áreas ocupadas por reflorestamento e capoeira. A maior parte das amostras desta classe foram selecionadas em áreas adjacentes à área urbana. Esta classe foi utilizada apenas para separar as áreas urbanas dos arredores ocupados por vegetação natural ou reflorestamento.

A classe vegetação esparsa corresponde às áreas ocupadas por gramíneas e arbustos esparsos. Estas áreas aparecem, em sua maior parte, localizadas no interior da área urbana.

2.2.2 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE USO DO SOLO URBANO

As amostras foram analisadas através do programa "Single-Cell" para verificar suas características espectrais (Apêndices A, B, C, D, E, F, G, H). A partir destes dados foi calculado o coeficiente de variação de cada amostra das classes estudadas. Os coeficientes de variação obtidos por cada um dos canais do LANDSAT são apresentados no Apêndice I.

A partir da análise dos coeficientes de variação foram confeccionados gráficos para cada classe de uso do solo, os quais identificam os canais que poderiam mostrar as variações internas das classes analisadas.

As amostras foram localizadas em fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico realizado pela TERRAFOTO S/A, nos anos de 1976-1977.

Através da análise de algumas amostras em fotografias aéreas e trabalho de campo verificou-se que as classes de uso do solo apresentavam as seguintes características:

● Classe Centro/Ocupação Vertical

- predominância de edifícios de apartamentos e/ou comerciais;
- predominância de cobertura de concreto nos edifícios;
- ruas asfaltadas;
- pátios de estacionamento cimentados;
- sombreamento provocado pelos prédios;
- pequena ocorrência de área arborizada.

● Classe Residencial

- predominância de residências geminadas;
- predominância de residências com cobertura de telhas;
- alta densidade de residências por quadras;
- ruas parcialmente arborizadas.

● Classe Mista

- predominância de grandes construções com coberturas de diferentes tipos e materiais;
- áreas desocupadas com ocorrência de vegetação rala;
- pátios internos cimentados.

● Classe Indústria

- predominância de grandes construções com coberturas de diferentes tipos quanto à forma e material;
- pátios internos cimentados para estocagem e estacionamento.

● Classe Terraplenagem 1

- áreas de terraplenagem localizadas junto a áreas com instalação de infra-estrutura para construção de indústrias e/ou residências.

● Classe Terraplenagem 2

- áreas recentemente desmatadas e terraplenadas (solo totalmente exposto).

- Classe Vegetação Densa

- ocorrência de capoeira e/ou reflorestamento de eucalipto.

- Classe Vegetação Esparsa

- áreas desocupadas com vegetação herbácea e rasteira;
- áreas alagadas com vegetação herbácea.

2.2.3 - CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA MAXVER

As amostras obtidas através do programa Média K foram utilizadas para o estudo da área a partir da classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança (Velasco et alii, 1978).

No processo de seleção de amostras houve dificuldade quanto à localização das áreas de treinamento na tela do I-100, devido à inexistência de correção geométrica para os dados LANDSAT. Por sua vez, esse problema dificultou a comparação das amostras contidas no I-100 com os dados de campo e com os mapas disponíveis.

Com os dados resultantes desta classificação realizou-se, através da análise comparativa das respostas espectrais obtidas a partir da classificação MAXVER, o estudo espectral das 8 classes de uso do solo urbano.

A não-avaliação da precisão das classificações Média K e MAXVER neste trabalho é justificada pela ausência de um mapa de uso do solo concomitante à época de aquisição da imagem analisada.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA MÉDIA K

Com o objetivo de efetuar a divisão da área de estudo em classes espectrais homogêneas, utilizou-se a classificação não-supervisionada Média K, obtendo-se 8 classes homogêneas de tons de cinza. A classe referente ao Tema 4, no entanto, não apresentou número suficiente de "pixels" para sua representatividade no mapa alfanumérico.

A Tabela 3.1 apresenta a resposta espectral dos 8 temas obtidos, a partir dos quais foram retiradas as amostras de treinamento para a classificação MAXVER.

As amostras relativas à classe Centro/Ocupação Vertical foram retiradas do tema 1, que apresentou médias de tons de cinza com valores semelhantes nos quatro canais.

Do tema 2 foi amostrada a classe Residencial que apresentou médias de tons de cinza com pequena variação nos canais 5, 6 e 7 e grande diferença destes com o canal 4.

A classe Mista, que engloba diferentes usos do solo, encontra-se definida no tema 3, apresentando médias de tons de cinza mais altas nos canais 6 e 7.

A classe Indústria foi retirada dos temas 3 e 5, devido à heterogeneidade desta classe. Estes temas apresentaram maiores valores de tons de cinza no canal 6.

As classes Terraplenagem 1 e 2 também foram retiradas dos temas 5 e 6, apresentando os mais altos valores de tons de cinza nos canais 5, 6 e 7.

As classes correspondentes às áreas de Vegetação Densa e Esparsa foram retiradas dos temas 7 e 8, com valores de tons de cinza mais baixos nos canais 4 e 5, comparados às demais classes.

TABELA 3.1

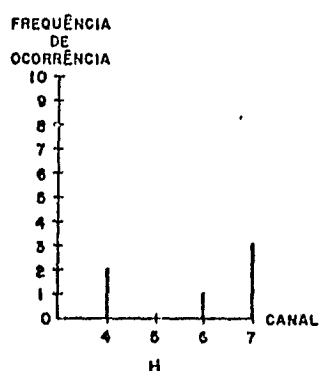
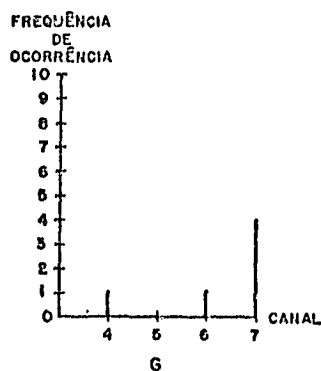
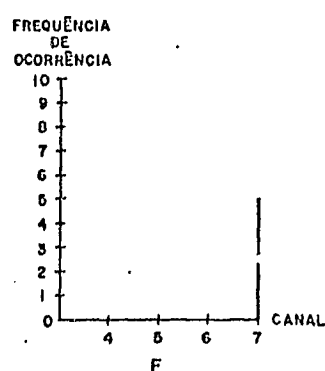
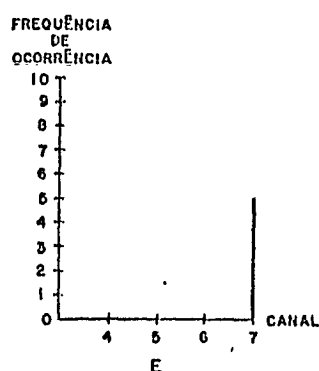
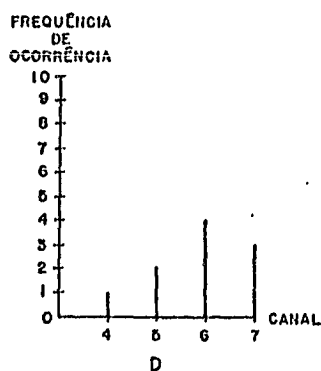
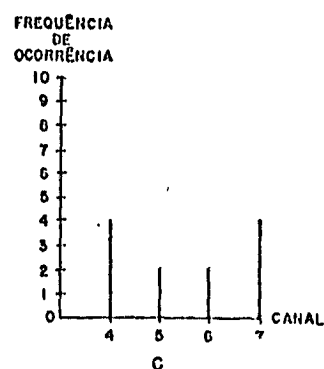
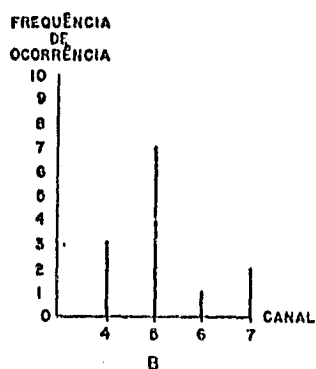
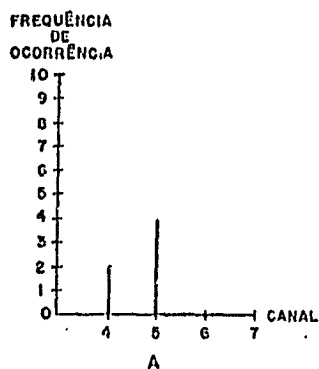
RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES DE USO DO SOLO
URBANO OBTIDAS DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA MÉDIA K

TEMAS	VALORES MÉDIOS DE TONS DE CINZA POR CANAL LANDSAT			
	4	5	6	7
1	10,42	15,72	13,54	13,42
2	13,91	23,19	23,66	22,76
3	16,18	29,57	33,61	32,59
4	26,83	47,83	47,92	0,94
5	23,48	45,97	48,11	43,13
6	24,57	63,74	70,35	56,88
7	6,36	12,25	21,47	27,10
8	8,93	16,59	27,97	33,12

3.2 - ANÁLISE ESPECTRAL DAS AMOSTRAS DE USO DO SOLO URBANO ATRAVÉS DO
PROGRAMA "SINGLE CELL"

A análise espectral das amostras de uso do solo foi feita a partir do cálculo do coeficiente de variação (Apêndice I). Analisando os dados obtidos, verificaram-se para cada classe os canais que apresentaram os menores e maiores coeficientes de variação (Figuras 3.1 e 3.2).

ORIGINAL PAGE 19
OF POOR QUALITY



A = CENTRO/OCUPAÇÃO VERTICAL
B = RESIDENCIAL
C = MISTA
D = INDÚSTRIA
E = TERRAPLENAGEM 1
F = TERRAPLENAGEM 2
G = VEGETAÇÃO DENSE
H = VEGETAÇÃO ESPARSA

Fig. 3.1 - Canais do MSS/LANDSAT com menores coeficientes de variação na análise do uso do solo urbano.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

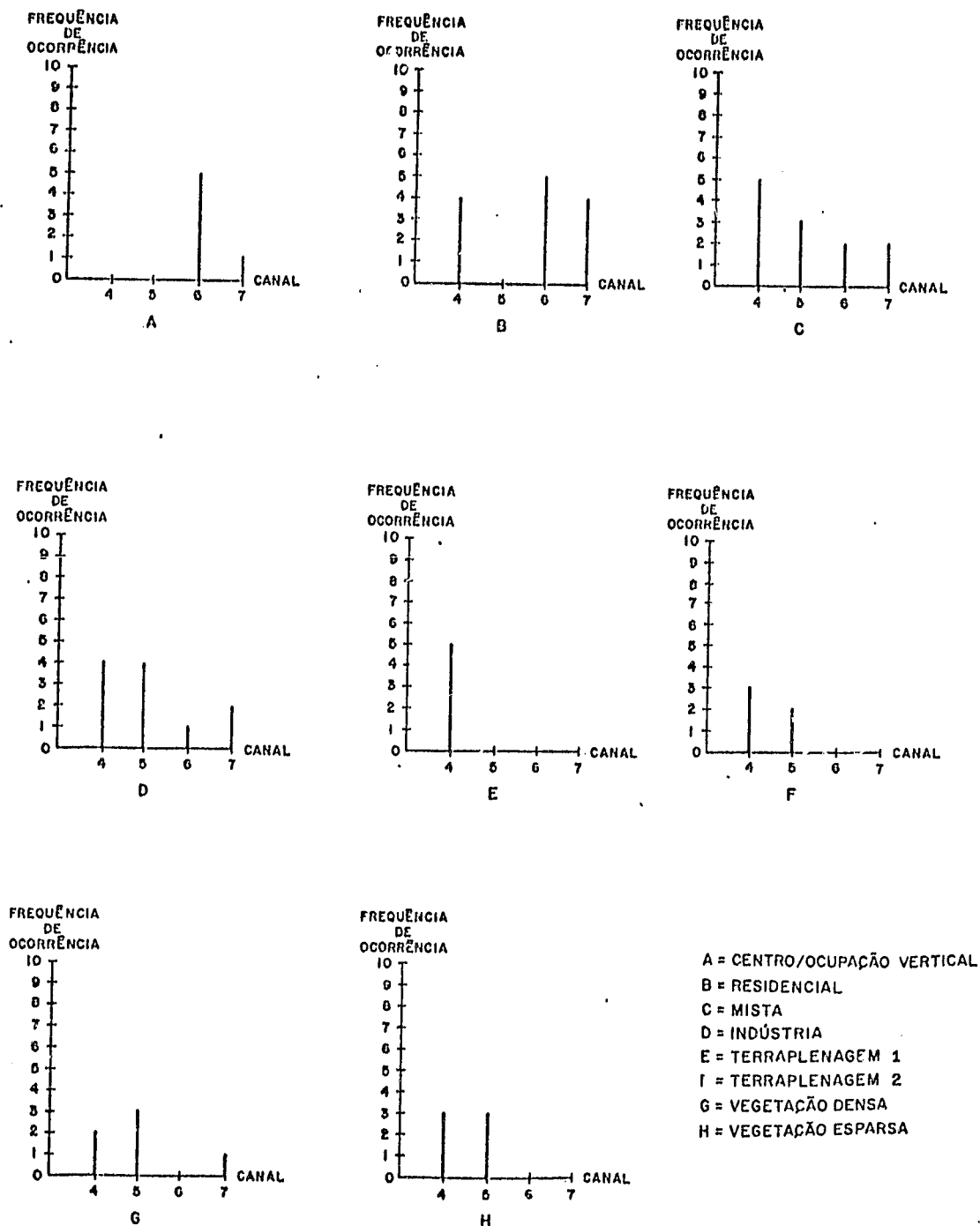


Fig. 3.2 - Canais do MSS/LANDSAT com maiores coeficientes de variação na análise do uso do solo urbano.

Quando se analisou a classe Centro/Ocupação Vertical (Figura 3.1a), o canal 5 mostrou maior frequência de menores valores de coeficientes de variação por amostra. Isto pode evidenciar que este seria o canal mais indicado na análise da classe Centro/Ocupação Vertical. Entretanto, o maior coeficiente de variação apresentado pelo canal 6 (Figura 3.2a) poderia auxiliar na subdivisão desta classe em subclasses para melhor refinamento de classificação.

Com relação à classe Residencial (Figuras 3.1b e 3.2b), os canais 5 e 6 apresentaram os menores e maiores coeficientes de variação, respectivamente, e mostraram que as amostras relativas a esta classe poderiam ser estudadas com mais detalhes através do canal 6.

Na classe Mista (Figuras 3.1c e 3.2c) o canal 4 apresentou o maior coeficiente de variação. Com relação ao menor coeficiente de variação, os canais 4 e 7 foram os que apresentaram a maior frequência de ocorrência. Outro aspecto observado foi que os outros canais apresentaram frequências semelhantes tanto para os maiores quanto para os menores índices de variação. Isto indica a diversificação de amostras coletadas para esta classe.

A classe Indústria, representada por indústrias de grande porte, apresentou menores coeficientes de variação no canal 6 (Figura 3.1d). A região do visível (canais 4 e 5) foi a que apresentou coeficientes de variação mais elevados quando comparada com a região do infravermelho (Figura 3.2d). As amostras desta classe poderiam ser melhor selecionadas com uma análise mais aprofundada nos canais 4 e 5.

Os canais 7 e 4 foram os que apresentaram os menores e maiores coeficientes de variação, respectivamente, quando foram analisadas as classes Terraplenagem (Figuras 3.1e, 3.1f, 3.2e, 3.2f). Estas classes apresentaram no visível (canal 4) maior variedade de respostas espectrais, talvez em função da variação da cor com que os solos se apresentaram.

A frequência mais alta de menores coeficientes de variação foi apresentada pelo canal 7 por ocasião da análise da classe Vegetação Densa (Figura 3.1g). Os coeficientes maiores, entretanto, foram dados pelo canal 5 (Figura 3.2g). Neste canal a vegetação apresenta maior variedade de tons de cinza.

Para a classe Vegetação Esparsa, o canal 7 também apresentou maior frequência de menores coeficientes de variação (Figura 3.1h). Os canais 4 e 5 do visível foram os que apresentaram o maior índice de variação espectral (Figura 3.2h). Isto pode ser explicado pela variedade de tons de cinza apresentada pelas diferentes amostras desta classe nestes dois canais, como pode ser visto no Apêndice H.

Para maior grau de precisão dos resultados obtidos neste passo da análise é necessário o aumento do número de amostras analisadas, conseguindo-se assim maior refinamento na determinação das classes de uso do solo urbano.

3.3 - CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA - MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA

Através da utilização da opção de Máxima Verossimilhança foram obtidas 8 classes de uso do solo urbano para a área de estudo (Figura 3.3).

USO DO SOLO URBANO - MAXVER



LEGENDA

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| ● - CENTRO / OCUPAÇÃO VERTICAL | + - TERRAPLENAGEM 1 |
| ■ - RESIDENCIAL | / - TERRAPLENAGEM 2 |
| ● - MISTA | = - VEGETAÇÃO DENSE |
| O - INDÚSTRIA | : - VEGETAÇÃO ESPARSA |

ESCALA

5 KM

Fig. 3.3 - Mapa alfanumérico resultante da classificação supervisionada Máxima Verossimilhança.

3.3.1 - ANÁLISE DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO

A Tabela 3.2 apresenta a matriz de classificação obtida a partir da análise das amostras utilizadas na classificação MAXVER. Essa matriz permite verificar a superposição existente entre as amostras das classes de uso do solo analisadas.

Pela análise da Tabela verifica-se que as classes Indústria e Mista foram as que apresentaram maior superposição, pois 25% dos "pixels" pertencentes à área industrial foram incluídos na classe Mista. Isto pode ser explicado pelo fato de a classe Mista apresentar alvos com formas e constituições semelhantes aos da classe industrial. As amostras das classes Residencial e Terraplenagem 2 não apresentam superposição com as demais classes analisadas.

As amostras da classe Residencial e Terraplenagem 2 não apresentaram superposição com as demais classes analisadas. Entretanto, "pixels" pertencentes às classes Mista e Vegetação Densa foram incluídos na classe Residencial, uma vez que esta classe apresenta áreas construídas, ruas arborizadas, parques, etc. "Pixels" pertencentes à classe Terraplenagem 1 foram classificados como Terraplenagem 2.

A classe Centro/Ocupação Vertical não inclui "pixels" das demais classes, embora tenha apresentado superposição com a classe Vegetação Densa, fato que pode ser explicado pela ocorrência de áreas sombreadas com respostas semelhantes no canal 5.

TABELA 3.2

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO MAXVER

CLASSES DE USO DO SOLO	N	C/OC. V.	RESID.	MISTA	IND.	TERRAPL. 1	TERRAPL. 2	VEG. Densa	VEG. ESPARSA
Centro/Ocupação Vertical	0,0	99,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
Residencial	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mista	0,0	0,0	1,2	96,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Indústria	0,0	0,0	0,0	25,0	71,9	3,1	0,0	0,0	0,0
Terraplenagem 1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,3	96,4	2,4	0,0	0,0
Terraplenagem 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Vegetação Densa	0,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	94,0	4,6
Vegetação Esparsa	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	5,2	92,5

3.3.2 - ANÁLISE ESPECTRAL DAS CLASSES DE USO DO SOLO URBANO

As respostas espectrais das classes de uso do solo urbano obtidas dos quatro canais do MSS pelo programa MAXVER são apresentadas na Tabela 3.3. Esses parâmetros foram obtidos das 61 amostras representativas.

A classe Centro/Ocupação Vertical, correspondente a uma área de crescimento vertical intenso, apresentou reflectâncias semelhantes nos quatro canais analisados, com pequeno acréscimo para o canal 5 (Tabela 3.3). Comparando-a com as demais classes, apresentou as mais baixas reflectâncias na região do infravermelho, nos canais 6 e 7; na região do visível apenas apresentou reflectâncias mais altas que as classes relativas à vegetação. Isto se explica pela presença de áreas sombreadas resultantes dos edifícios que geram tons de cinza escuro em todos os canais nas imagens LANDSAT. A ocorrência de sombras foi observada quando se analisaram as amostras através de fotografias aéreas. Esta característica foi de grande utilidade na separação de áreas de crescimento vertical intenso.

A classe Residencial apresentou tons de cinza semelhantes nos canais do infravermelho (6 e 7), enquanto nos canais do visível (4 e 5) nota-se maior diferença (Tabela 3.3). Esta classe corresponde à área adjacente àquela de crescimento vertical intenso. É formada em sua maior parte por residências geminadas junto às calçadas (ausência de jardins). A maior reflectância apresentada no canal 5 por esta classe pode ser explicada pela presença de telhados (de cor vermelha e/ou marrom), com maior reflectância no comprimento de onda correspondente ao vermelho, e ausência de vegetação.

A classe Mista apresentou resposta espectral no canal 5 mais próxima à da classe Residencial, enquanto nos canais 6 e 7 as respostas se aproximam das classes Vegetação Esparsa e Indústria, respectivamente. Isto mostra a grande variedade de componentes desta classe e sugere a necessidade da divisão desta classe em subclasses.

TABELA 3,3

RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES DE USO DO SOLO URBANO OBTIDAS DO PROGRAMA MAXVER

Nº DE AMOSTRAS	CLASSES DE USO DO SOLO	RESPOSTAS ESPECTRAIS				
		CANAL 4	CANAL 5	CANAL 6	CANAL 7	
6	Centro/Ocupação Vertical	11,13	16,51	13,49	13,23	
12	Residencial	14,82	23,70	22,66	21,41	
12	Mista	18,73	30,86	33,19	31,79	
10	Indústria	23,47	39,31	38,56	34,27	
5	Terraplenagem 1	22,12	47,40	49,46	42,15	
5	Terraplenagem 2	24,27	62,77	69,40	55,51	
6	Vegetação Densa	5,60	10,01	19,81	24,89	
6	Vegetação Esparsa	9,43	15,07	30,31	36,53	

A classe Indústria apresentou a maior resposta espectral no canal 5, na região do visível, seguida pelos canais 6 e 7 do infravermelho. No canal 4 esta classe foi representada pela menor resposta (23, 47). Com relação aos demais usos do solo, esta classe apresentou respostas inferiores somente à classe Terraplenagem 1 nos canais 5, 6 e 7 e Terraplenagem 2 nos quatro canais analisados.

No canal 7 ela apresentou resposta inferior à classe Vegetação Esparsa. Nesta classe, onde ocorre a presença de grandes construções com diferentes tipos de cobertura, pátios de estacionamento, etc., era de esperar respostas espectrais elevadas.

A grande dificuldade de seleção de amostras devida à heterogeneidade das indústrias que ocorrem numa área metropolitana (indústrias leves e pesadas), influenciou os resultados da classificação obtida. Isto evidencia, portanto, a necessidade de um refinamento maior das amostras a serem estudadas e uma possível subdivisão da classe.

O resultado não-satisfatório da classificação da área industrial foi evidenciado pelo fato de grande parte dos "pixels" pertencentes a esta classe terem sido incluídos na classe Mista. Outro aspecto é que esta classe não foi individualizada quando se utilizou o programa Média K.

De um modo geral as classes Terraplenagem 1 e 2 apresentaram os maiores valores de reflectância nos canais 4, 5, 6 e 7, com exceção da classe Terraplenagem 1, no canal 4.

Analisando a classificação obtida (Figura 3.3), verifica-se que a classe Terraplenagem 1 aparece contígua à classe Indústria em grande parte dos casos. Isto pode ser explicado pela semelhança de respostas destas classes no canal 4.

As classes Vegetação Densa e Esparsa apresentaram menores respostas espectrais no canal 4 e maiores no canal 7. Comparando

as duas classes de vegetação analisadas, nota-se que a classe Vegetação Esparsa apresentou valores de níveis de cinza mais elevados nos canais 6 e 7 que a classe Vegetação Densa, devido à presença intercalada de áreas de vegetação e solo nu.

Os valores médios de níveis de cinza, obtidos a partir da opção MAXVER e apresentados graficamente na Figura 3.4, permitiram a análise do comportamento espectral das classes de uso do solo urbano.

O gráfico mostra que as classes de uso do solo apresentam maior absorção da radiação eletromagnética na faixa de 0,5 μ m a 0,6 μ m, que corresponde ao canal 4. A variabilidade de valores de cinza no canal 4 é mínima (18,67), o que indica que neste canal as classes de uso do solo urbano são pouco separáveis. Por exemplo, neste canal as classes Indústria, Terraplenagem 1 e Terraplenagem 2 são praticamente inseparáveis.

Outro aspecto é em relação às classes de Vegetação e Centro/Ocupação Vertical, que não apresentam boa separabilidade neste canal.

Nota-se que, quando comparado aos outros canais, o canal 5 apresentou os maiores valores de reflectância para as classes Centro/Ocupação Vertical, Residencial e Indústria. Neste canal, as classes que apresentaram menor separabilidade foram Centro e Vegetação Esparsa. As classes mais separáveis neste canal foram Vegetação Densa e Terraplenagem 2, enquanto as classes urbanas Residencial e Mista foram as menos separáveis.

As classes Mista, Terraplenagem 1 e Terraplenagem 2 tiveram os maiores valores de reflectância no canal 6. De um modo geral, no canal 6 as classes apresentaram maior separabilidade. A menor separabilidade ocorreu para as classes Residencial e Vegetação Densa, enquanto a maior ocorreu para as classes Centro/Ocupação Vertical e Terraplenagem 2.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

COMPORTAMENTO ESPECTRAL DAS CLASSES DE USO DO SOLO URBANO
NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT

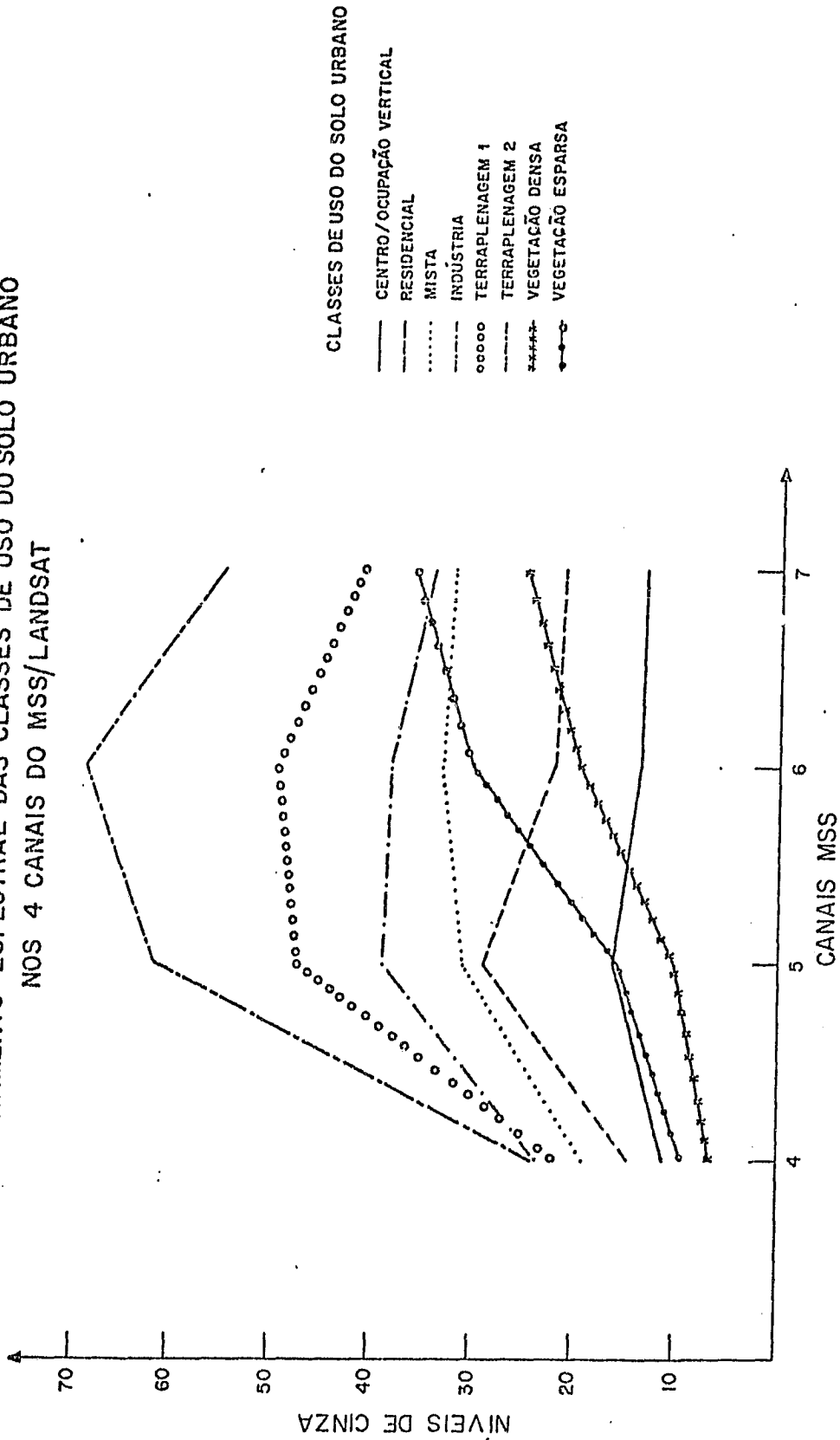


Fig. 3.4 - Comportamento espectral das classes de uso do solo urbano nos 4 canais do MSS/LANDSAT.

As classes correspondentes à Vegetação Densa e Esparsa tiveram no canal 7 os maiores valores de reflectância. Neste canal houve menor separabilidade para as classes Indústria e Vegetação Esparsa. As classes Centro/Ocupação Vertical e Terraplenagem 2 apresentaram a maior separabilidade neste canal.

Pelo gráfico, as classes analisadas apresentaram as maiores separabilidades nos canais 5 e 6, o que indica serem estes canais os mais adequados na separação das classes urbanas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

Tendo em vista a resolução espacial e espectral dos satélites LANDSAT 1, 2 e 3, foram obtidas somente classes amplas de uso do solo urbano.

A metodologia utilizada através do programa Média K para a primeira verificação do comportamento espectral das classes mostrou-se útil à medida que direcionou a seleção de amostra para as diferentes classes analisadas.

Há necessidade de programas de correção geométrica dos dados para a localização precisa das áreas de treinamento, quando se estuda a classificação do uso do solo urbano. A inexistência desta correlação dificulta a comparação dos resultados com dados de campo preexistentes.

As classes Centro/Ocupação Vertical, Residencial e Terraplenagem 2 apresentaram a melhor separabilidade espectral, quando comparadas com as demais classes.

A classe Mista foi a que apresentou maiores problemas de separabilidade, pois englobou diferentes tipos de uso do solo. É possível que, trabalhando em módulos, essa classe possa ser subdividida e permitir maior precisão na classificação.

Apesar das grandes extensões ocupadas pela classe Indústria na área metropolitana de São Paulo, estas áreas não apresentaram boa separabilidade e foram englobadas, na maior parte dos casos, pelas classes Mista e Terraplenagem 1.

A organização espacial da área de estudo apresentou-se aproximadamente de forma concêntrica, especialmente para as classes Cen

tro/Ocupação Vertical, Residencial e Terraplenagem 1 e 2. A classe Indústria, entretanto, não apresentou este mesmo padrão de distribuição e, sim, um aspecto setorial, localizando-se ao longo das rodovias.

A faixa do visível (canais 4 e 5) poderia ser indicada para a subdivisão das classes Mista, Indústria, Terraplenagem 1 e 2, Vegetação Densa e Vegetação Esparsa, enquanto a faixa do infravermelho (canal 6) seria recomendada para análise das classes Centro/Ocupação Vertical e Residencial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTHOLOMEU, H. The LAND-USE SURVEY. In: MAYER, H.M.; KOHN, C.F. *Readings in Urban Geography*. Chicago, 1959. Section 9, p. 265-269.
- BOZET, M.; DOTV, H.; INSTALLE, M.; WILMET, J. Visual interpretation and classification of LANDSAT data applied to the study of Urban structures in Western Europe. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT, Freiburg, Alemanha, 1978. *Proceedings*. Freiburg, Alemanha, International Archives of Photogrammetry, 1978, V. 2, p. 885-901.
- BUIJN, C.A. Delineating urban areas from Landsat images using digital processing a comparison with grid based photo interpretation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT. Freiburg, Germany, 1978. *Proceedings*. Freiburg, Germany, International Archives of Photogrammetry, 1978, V. 2., p. 903-916.
- COLLINS, W.G.; EL-BEIK, A.H.A. The aquisition of urban land use information from aerial photographs of the city of Leeds (Great Britain). *Photogrammetria*, 27(2):71-92. 1971.
- DUTRA, L.V.; MASCARENHAS, N.D.A. *Extração de atributos espaciais em imagens multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, set. 1980. (INPE-1885-RPE/229).
- EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO-EMPLASA. Sistema Cartográfico Metropolitano - Uso do Solo, escala 1:25.000. São Paulo, 1980a.
- . Sistema cartográfico Metropolitano - Padrões de Uso e Ocupação do solo Urbano, escala 1:25.000. São Paulo, 1980b.
- FORSTER, B. Urban residential ground cover using Landsat digital data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46(4):547-558, 1980.

- INSTITUTO GEOLÓGICO GEOGRÁFICO DE SÃO PAULO - IGGSP. *Mapas das cidades do Brasil*, escala 1:125.000. São Paulo. São Paulo, 1973.
- LIMA, O.M.B.; CORREA, R.L. Sistema Urbano. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Geografia do Brasil - Região Sudeste*. Rio de Janeiro, 1977. p. 569-667.
- PALEN, J.J. *O mundo urbano*. Traduzido por Ronaldo de Biasi e Ruy Jungmann. Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1975. cap. 4. p. 86-112.
- RATCLIFF, R.V. Internal arrangement of land uses. In: MAYER, H. M.; KOHN, C.F. *Readings in urban Geography*. Chicago, 1959. Section 13, p. 410-417.
- RIBEIRO, E.A.; Ii, F.A.M.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. *Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE, s.d.
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER; Manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul. 1978. (INPE-1315-NTI/110).

APÊNDICE A

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE
CENTRO/OCUPAÇÃO VERTICAL ATRAVÉS DO PROGRAMA
"SINGLE CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

AMOSTRAS DA CLASSE CENTRO/ OCUPAÇÃO VERTI- CAL	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
Amostra 1	4	10-12	3	16	11,25	0,58
	5	14-19	6	12	16,58	1,80
	6	11-17	7	8	13,86	2,95
	7	11-16	6	9	13,42	2,02
Amostra 2	4	9-13	5	12	11,47	1,47
	5	14-19	6	8	16,53	2,14
	6	9-15	7	10	12,25	2,69
	7	10-15	6	10	12,22	1,95
Amostra 3	4	10-13	4	17	10,78	0,84
	5	14-20	7	12	15,78	1,95
	6	9-16	8	11	11,47	2,19
	7	9-14	6	15	10,89	1,04
Amostra 4	4	9-12	4	22	10,28	0,48
	5	15-17	3	17	15,86	0,51
	6	12-17	6	9	14,36	1,84
	7	12-17	6	10	13,64	1,56
Amostra 5	4	8-11	4	17	10,08	0,69
	5	12-17	6	15	15,11	1,43
	6	11-16	6	9	13,53	2,08
	7	11-17	7	9	13,81	2,43
Amostra 6	4	9-12	4	16	10,69	0,55
	5	15-18	4	14	16,83	0,75
	6	11-17	7	8	13,75	2,19
	7	12-16	5	14	13,53	1,36

APÊNDICE B

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS
DA CLASSE RESIDENCIAL ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL"
NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE 19
OF POOR QUALITY

AMOSTRAS DA CLASSE RESIDENCIAL	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAL MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MEDIA	VARIANCIA
Amostra 1	4	14-17	4	12	15,81	0,88
	5	21-24	4	12	22,17	1,03
	6	23-26	4	19	24,28	0,65
	7	23-26	4	19	24,25	0,58
Amostra 2	4	12-15	4	17	14,08	0,69
	5	21-25	5	18	23,86	1,18
	6	22-25	4	17	23,44	0,64
	7	20-23	4	16	21,58	0,47
Amostra 3	4	13-15	3	23	14,08	0,35
	5	21-25	5	17	22,67	0,67
	6	20-28	9	8	23,36	4,12
	7	20-26	7	10	22,47	2,42
Amostra 4	4	13-15	3	24	14,06	0,33
	5	21-26	6	14	23,50	1,69
	6	20-25	6	9	22,19	2,66
	7	17-24	8	8	20,28	3,20
Amostra 5	4	13-16	4	17	14,11	0,60
	5	22-24	3	16	22,78	0,51
	6	20-25	6	8	22,75	2,08
	7	16-25	10	8	21,14	3,95
Amostra 6	4	12-14	3	14	12,94	0,61
	5	20-25	6	14	21,94	1,66
	6	19-25	7	13	23,06	2,00
	7	19-24	6	15	21,89	1,77
Amostra 7	4	13-15	3	28	13,89	0,21
	5	21-25	5	14	23,14	0,84
	6	19-24	6	15	20,81	1,27
	7	18-22	5	17	19,50	0,69
Amostra 8	4	13-16	4	20	14,92	0,52
	5	22-25	4	12	23,25	0,85
	6	19-26	8	11	21,47	1,64
	7	18-22	5	17	19,17	1,19
Amostra 9	4	13-16	4	12	14,36	1,01
	5	21-25	5	11	22,89	1,27
	6	19-23	5	17	20,83	1,25
	7	18-24	7	10	20,14	3,56
Amostra 10	4	14-17	4	19	15,11	0,54
	5	22-27	6	15	25,22	1,45
	6	19-23	5	10	21,22	1,45
	7	17-21	5	12	19,00	1,00
Amostra 11	4	14-16	3	16	15,11	0,77
	5	22-26	5	14	24,06	1,16
	6	21-24	4	15	22,42	0,74
	7	18-23	6	19	21,06	0,94
Amostra 12	4	13-16	4	14	14,36	0,90
	5	22-25	4	15	23,36	0,63
	6	19-23	5	10	21,50	1,53
	7	18-22	5	14	20,00	1,11

APÊNDICE C

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS
DA CLASSE MISTA ATRAVÉS DO PROGRAMA
"SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

AMOSTRAS DA CLASSE MISTA	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CHANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MEDIA	VARIANCIA
Amostra 1	4	13-17	5	16	15,42	0,97
	5	26-33	8	12	29,17	2,92
	6	32-41	10	7	36,00	5,22
	7	33-40	8	8	36,56	3,52
Amostra 2	4	15-18	4	16	16,72	0,65
	5	30-36	7	8	32,61	2,57
	6	33-41	9	8	37,00	5,17
	7	29-40	12	6	35,47	7,30
Amostra 3	4	17-18	2	19	17,53	0,25
	5	29-33	5	19	31,28	0,65
	6	30-35	6	8	32,39	2,35
	7	29-33	5	17	30,17	0,95
Amostra 4	4	15-22	8	13	16,47	2,19
	5	25-36	12	6	29,47	10,14
	6	29-35	7	11	31,53	2,30
	7	26-34	9	12	30,08	2,13
Amostra 5	4	16-19	4	11	17,42	1,02
	5	25-30	6	14	27,72	1,98
	6	27-32	6	11	29,22	1,90
	7	27-31	5	15	28,39	1,13
Amostra 6	4	17-24	8	9	20,81	4,55
	5	29-39	11	6	34,11	8,15
	6	29-37	9	11	34,25	3,85
	7	30-34	5	12	31,89	1,49
Amostra 7	4	15-21	7	3	17,92	4,08
	5	22-31	10	3	26,58	10,08
	6	25-35	11	2	29,92	8,58
	7	26-34	9	5	29,92	6,08
Amostra 8	4	19-22	4	16	20,44	0,52
	5	28-35	8	9	31,81	4,21
	6	26-32	7	10	28,79	2,23
	7	23-29	7	9	25,53	2,19
Amostra 9	4	16-25	10	8	20,86	4,12
	5	27-37	11	6	31,86	6,18
	6	30-35	6	13	32,58	1,35
	7	26-35	10	8	30,50	5,92
Amostra 10	4	18-21	4	15	19,53	0,69
	5	27-34	8	11	30,25	2,30
	6	26-34	9	7	30,25	5,02
	7	24-30	7	13	28,19	1,99
Amostra 11	4	16-22	7	12	18,42	3,63
	5	25-33	9	7	28,56	6,25
	6	30-38	9	7	33,78	9,12
	7	29-38	10	9	33,50	8,86
Amostra 12	4	16-19	4	19	17,03	0,80
	5	26-32	7	12	28,33	2,72
	6	26-34	9	11	30,53	3,42
	7	24-34	11	9	28,94	5,33

APÊNDICE D

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE INDÚSTRIA
ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE 19
OF POOR QUALITY

AMOSTRA DA CLASSE INDÚSTRIA	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
Amostra 1	4	28-38	11	1	33,25	13,69
	5	41-53	13	1	48,75	22,19
	6	42-47	6	2	45,25	3,69
	7	37-41	5	2	39,00	4,00
Amostra 2	4	25-28	4	3	27,25	1,69
	5	41-45	5	3	44,00	3,00
	6	40-44	5	1	42,25	2,19
	7	32-37	6	2	35,50	4,25
Amostra 3	4	33-41	9	1	36,75	9,19
	5	49-58	10	1	53,50	13,25
	6	43-50	8	2	47,75	7,69
	7	35-39	5	3	38,00	3,00
Amostra 4	4	19-31	13	3	23,83	14,14
	5	35-55	21	3	43,42	31,24
	6	36-55	20	3	43,08	27,24
	7	25-39	15	5	33,08	13,08
Amostra 5	4	31-44	14	1	36,75	23,69
	5	42-63	22	1	54,50	69,25
	6	42-57	16	2	52,25	37,69
	7	34-50	17	1	42,25	38,19
Amostra 6	4	19-30	12	6	27,17	15,14
	5	31-51	21	4	43,33	41,56
	6	36-43	8	8	39,83	4,14
	7	30-35	6	6	32,50	6,25
Amostra 7	4	28-44	17	2	35,00	22,67
	5	41-63	23	4	51,25	42,19
	6	30-57	28	3	45,42	58,24
	7	28-46	19	3	37,17	24,47
Amostra 8	4	35-38	4	3	35,75	1,69
	5	49-60	12	1	54,00	16,50
	6	40-47	8	1	43,50	6,25
	7	32-37	6	2	34,50	6,25
Amostra 9	4	25-35	11	2	30,00	25,00
	5	40-56	17	2	38,00	64,00
	6	40-49	10	2	44,50	20,25
	7	35-39	5	2	37,00	4,00
Amostra 10	4	25-33	9	2	30,75	11,19
	5	41-49	9	2	44,00	9,00
	6	35-43	9	1	38,50	10,25
	7	24-31	10	2	33,50	14,25

APÊNDICE E

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE TERRAPLENAGEM 1
ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS DO MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

AMOSTRAS DA CLASSE TERRAPLENA GEM 1	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
Amostra 1	4	16-27	12	24	20,88	5,16
	5	35-53	19	19	45,53	12,53
	6	42-57	16	16	48,79	9,17
	7	36-46	11	27	40,92	4,98
Amostra 2	4	14-26	13	11	20,62	8,37
	5	36-58	23	7	49,80	32,96
	6	47-58	12	11	53,17	7,81
	7	42-48	7	19	45,28	1,64
Amostra 3	4	16-24	9	16	21,63	2,57
	5	39-51	13	13	46,47	5,28
	6	44-55	12	16	48,58	5,01
	7	37-46	10	15	41,20	3,49
Amostra 4	4	19-31	13	13	25,80	7,49
	5	36-57	22	8	49,67	19,19
	6	44-56	13	10	48,58	8,78
	7	38-46	9	11	42,25	4,95
Amostra 5	4	15-30	16	7	21,53	14,47
	5	32-53	22	4	43,61	25,96
	6	37-52	16	8	47,11	9,10
	7	38-48	11	9	43,17	5,36

APÊNDICE F

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE TERRAPLENAGEM 2
ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT

AMOSTRAS DA CLASSE TERRAPLENA GEM 2	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
Amostra 1	4	18-30	13	7	24,61	8,68
	5	50-79	30	5	67,36	43,45
	6	59-86	28	7	74,61	42,40
	7	48-65	18	5	55,81	22,71
Amostra 2	4	16-28	13	7	24,31	9,60
	5	42-78	37	4	67,56	88,97
	6	53-84	32	4	74,61	67,74
	7	49-66	18	6	59,06	18,83
Amostra 3	4	22-29	8	7	25,14	4,68
	5	60-72	13	5	65,94	13,77
	6	66-79	14	6	72,64	12,45
	7	52-59	8	9	56,14	5,45
Amostra 4	4	15-26	12	10	22,14	7,95
	5	36-67	32	5	56,17	65,25
	6	44-73	30	4	61,42	57,69
	7	41-60	20	8	52,78	23,78
Amostra 5	4	21-29	9	8	24,61	3,63
	5	49-62	14	6	54,67	11,94
	6	57-68	12	8	61,44	6,30
	7	48-55	8	10	51,36	2,62

APÊNDICE G

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE VEGETAÇÃO
DENSE ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

AMOSTRAS DA CLASSE VEGETA ÇÃO DENSE	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS				
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA
Amostra 1	4	5-10	6	13	7,22
	5	10-18	9	12	14,50
	6	16-25	10	9	20,66
	7	21-28	8	10	25,08
Amostra 2	4	2-4	3	21	2,92
	5	3-6	4	13	4,75
	6	12-21	10	6	16,61
	7	17-28	12	7	22,50
Amostra 3	4	3-7	5	22	4,25
	5	5-16	12	10	7,69
	6	17-27	11	8	20,97
	7	21-35	15	6	27,81
Amostra 4	4	2-5	4	15	3,72
	5	4-10	7	13	6,56
	6	16-25	10	6	20,89
	7	23-32	10	7	27,08
Amostra 5	4	7-10	4	12	9,36
	5	14-22	9	11	16,42
	6	18-28	11	9	21,75
	7	20-33	14	7	25,33
Amostra 6	4	5-12	8	10	7,67
	5	8-20	13	5	12,67
	6	16-24	9	9	19,33
	7	17-27	11	7	21,47
					1,06
					3,92
					4,94
					2,52
					0,41
					0,91
					5,96
					9,19
					0,80
					6,16
					6,69
					11,21
					0,65
					3,08
					5,88
					7,02
					1,01
					5,41
					9,35
					14,39
					2,83
					9,72
					5,17
					7,19

APÊNDICE H

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DAS AMOSTRAS DA CLASSE VEGETAÇÃO
ESPARGA ATRAVÉS DO PROGRAMA "SINGLE-CELL" NOS 4 CANAIS MSS/LANDSAT

AMOSTRAS DA CLASSE VEGETA- ÇÃO ESPARSA	CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS					
	CANAIS MSS/LANDSAT	LIMITES ESPECTRAIS	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
Amostra 1	4	3-7	5	20	5,36	0,95
	5	6-14	9	12	10,25	2,97
	6	26-34	9	9	29,75	3,13
	7	34-41	8	9	37,78	4,40
Amostra 2	4	8-17	10	13	9,75	4,85
	5	13-27	15	12	15,36	11,51
	6	27-39	13	8	31,17	8,25
	7	32-42	11	7	37,22	6,34
Amostra 3	4	6-14	9	6	9,61	5,35
	5	9-21	13	6	14,47	11,86
	6	25-36	12	13	33,47	6,75
	7	26-46	21	7	40,50	20,08
Amostra 4	4	8-11	4	10	6,91	1,18
	5	13-20	8	10	16,28	4,65
	6	28-35	8	10	31,78	3,90
	7	34-42	9	8	38,92	4,19
Amostra 5	4	11-14	4	20	11,92	0,52
	5	14-22	9	10	16,94	3,33
	6	28-37	10	8	33,50	4,92
	7	31-44	14	7	39,61	9,18
Amostra 6	4	9-13	5	21	10,88	0,94
	5	15-23	9	15	17,83	3,31
	6	23-32	10	17	26,40	6,61
	7	26-36	11	12	30,55	7,71

APÊNDICE I

RELAÇÃO DOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE NÍVEIS DE CINZA
POR CLASSE DE USO DO SOLO

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

CLASSE	Nº DA AMOSTRA	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO POR CANAL				FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS CANAIS COM VALORES MAIS BAIXOS DE COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS CANAIS COM VALORES MAIS ALTOS DE COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
		4	5	6	7		
Centro/Ocupação Vertical	1	0,068	0,081	0,124	0,106	4	6
	2	0,105	0,038	0,134	0,115	5	6
	3	0,085	0,089	0,129	0,094	4	6
	4	0,067	0,045	0,095	0,092	5	6
	5	0,082	0,079	0,106	0,113	5	7
	6	0,069	0,052	0,108	0,086	5	6
Residencial	1	0,059	0,046	0,033	0,031	7	4
	2	0,059	0,046	0,034	0,032	7	4
	3	0,042	0,036	0,087	0,069	5	6
	4	0,041	0,055	0,073	0,088	4	7
	5	0,055	0,031	0,063	0,094	5	7
	6	0,060	0,059	0,061	0,061	5	7/6
	7	0,033	0,040	0,054	0,043	4	6
	8	0,048	0,040	0,060	0,057	5	6
	9	0,070	0,049	0,054	0,094	5	7
	10	0,048	0,048	0,057	0,053	4/5	6
	11	0,058	0,045	0,038	0,046	6	4
	12	0,066	0,035	0,058	0,053	5	4
Mista	1	0,064	0,059	0,063	0,051	7	4
	2	0,048	0,049	0,061	0,076	4	7
	3	0,029	0,026	0,047	0,032	5	6
	4	0,090	0,108	0,048	0,049	6	5
	5	0,050	0,051	0,047	0,037	7	4
	6	0,102	0,084	0,057	0,038	7	4
	7	0,113	0,119	0,098	0,083	7	5
	8	0,035	0,064	0,052	0,058	4	5
	9	0,097	0,078	0,036	0,080	6	4
	10	0,042	0,050	0,074	0,050	4	6
	11	0,103	0,088	0,089	0,089	5	6
	12	0,052	0,058	0,061	0,080	4	7
Indústria	1	0,111	0,097	0,042	0,051	6	4
	2	0,048	0,039	0,035	0,058	6	7
	3	0,082	0,068	0,058	0,046	7	4
	4	0,158	0,129	0,121	0,109	7	4
	5	0,133	0,153	0,118	0,146	6	5
	6	0,143	0,149	0,051	0,077	6	5
	7	0,136	0,127	0,168	0,133	5	6
	8	0,036	0,075	0,057	0,072	4	5
	9	0,167	0,167	0,101	0,054	7	4/5
	10	0,109	0,068	0,083	0,113	5	7
Terraplenagem 1	1	0,109	0,078	0,062	0,054	7	4
	2	0,140	0,115	0,052	0,028	7	4
	3	0,074	0,049	0,046	0,045	7	4
	4	0,106	0,088	0,061	0,053	7	4
	5	0,176	0,117	0,064	0,054	7	4
Terraplenagem 2	1	0,120	0,098	0,087	0,085	7	4
	2	0,128	0,140	0,110	0,073	7	5
	3	0,086	0,056	0,049	0,042	7	4
	4	0,127	0,144	0,124	0,092	7	5
	5	0,078	0,063	0,041	0,032	7	4
Vegetação Densa	1	0,143	0,137	0,111	0,063	7	4
	2	0,219	0,200	0,147	0,135	7	4
	3	0,209	0,322	0,124	0,120	7	5
	4	0,218	0,267	0,116	0,098	7	5
	5	0,120	0,142	0,141	0,150	4	7
	6	0,219	0,246	0,117	0,125	6	5
Vegetação Esparsa	1	0,181	0,168	0,059	0,056	7	4
	2	0,226	0,221	0,092	0,068	7	4
	3	0,240	0,238	0,078	0,111	6	4
	4	0,113	0,123	0,062	0,053	7	5
	5	0,060	0,107	0,066	0,076	4	5
	6	0,089	0,102	0,097	0,091	4	5